УДК 004.896, 622.24

Ю.Б. Линд
ООО «БашНИПИнефть», г. Уфа
Российская Федерация, 450006, г. Уфа, ул. Ленина, 86/1
А.Р. Кабирова
Институт нефтехимии и катализа
Российской академии наук, г. Уфа
Российская Федерация, 450075, г. Уфа, проспект Октября, 141

Применение современных информационных технологий для прогнозирования осложнений в бурении нефтегазовых скважин

Yu.B. Lind
BashNIPIneft, c. Ufa
Russian Federation, 450006, c. Ufa, Lenina st., 86/1
A.R. Kabirova
Institute of Petrochemistry and Catalysis
Russian Academy of Sciences, c. Ufa
Russian Federation, 450075, c. Ufa, Oktyabrya av., 141

Application of Modern Information Technologies to Prediction of Troubles during Oil and Gas Wells Drilling

Ю.Б. Лінд
ТОВ «БашНІПІнефть», м. Уфа
Російська Федерація, 450006, м. Уфа, вул. Леніна, 86/1
А.Р. Кабірова
Інститут нафтохімії і каталізу Російської академії наук, м. Уфа
Російська Федерація, 450075, м. Уфа, проспект Жовтня, 141

Застосування сучасних інформаційних технологій для прогнозування ускладнень у бурінні нафтогазових свердловин

Разработана методика прогнозирования осложнений в процессе бурения, включающая построение карт их интенсивностей, моделирование с использованием искусственной нейронной сети зависимости интенсивности осложнений от геологического строения горных пород и на его основе прогнозирование интенсивности осложнений при бурении новых скважин. Разработанная методика реализована в виде комплекса программ по прогнозированию поглощений буровых растворов, включающего базу данных по поглощениям в пробуренных скважинах на месторождениях ОАО АНК «Башнефть».
Ключевые слова: осложнения в бурении скважин, прогнозирование, искусственная нейронная сеть, база данных, интенсивность поглощения бурового раствора.

Methods for prediction of troubles in drilling process have been developed. They include construction of maps for troubles intensities, modeling of intensity dependence on rocks geology with the usage of artificial neural network, prediction on its base of troubles during new wells construction. These methods have been realized in software of drilling fluid loss prediction, which includes also data manager on drilling mud loss in drilled wells on oilfields of Bashneft Company.
Key words: troubles in drilling process, prediction, artificial neural network, database, drilling fluid loss intensity.

Розроблено методику прогнозування ускладнень в процесі буріння, що включає побудову карт їх інтенсивностей, моделювання з використанням штучної нейронної мережі залежності інтенсивності ускладнень від геологічної будови гірських порід і на його основі прогнозування інтенсивності ускладнень при бурінні нових свердловин. Розроблена методика реалізована у вигляді комплексу програм з прогнозування поглинань бурових розчинів, що включає базу даних по поглинань в пробурених свердловинах на родовищах ВАТ АНК «Башнефть».
Ключові слова: ускладнення в бурінні свердловин, прогнозування, штучна нейронна мережа, база даних, інтенсивність поглинання бурового розчину.

Введение

Осложнения при строительстве скважин сопровождаются значительными затратами времени и средств на ликвидацию их последствий, что резко снижает технико-экономические показатели бурения, поэтому задача прогнозирования и предупреждения возможных осложнений становится важной и актуальной при проектировании строительства скважин. При составлении проектов на строительство новых скважин необходимо обоснованно подбирать состав и свойства буровых растворов, за счет которых можно резко снизить вероятность возникновения осложнений или предотвратить их полностью. А это, в свою очередь, возможно только на основе адекватной математической модели и составления прогноза по информации о ранее пробуренных скважинах [1].

Для составления прогноза на основе вероятностных моделей или регрессионных уравнений необходимо знать градиенты давлений в скважине, характеристики бурового раствора и спуско-подъемных операций и множество других параметров [2], однако не всегда есть возможность оперативно получить эти данные. Поэтому поставлена задача построения прогноза на основе минимума информации по ранее пробуренным скважинам. С этой целью предлагается использование искусственных нейронных сетей, обладающих способностью моделировать функцию, связывающую значения входных и выходных переменных, на основе чего появляется возможность прогнозирования ситуации с неизвестными зависимостями между входными и выходными параметрами.

Целью данной работы является прогнозирование осложнений в бурении на основе минимума промысловых данных.

Построение карт интенсивностей осложнений

Основным видом осложнений при бурении нефтяных и газовых скважин на месторождениях Республики Башкортостан являются поглощения бурового раствора, которые характеризуются превышением давления жидкости в скважине над пластовым давлением и характером объекта поглощения [3]. Поглощение бурового раствора препятствует выносу из скважины разбуренной горной породы, способствует возникновению обвалов стенок скважины и прихватов бурильного инструмента, что может привести к авариям и необходимости ликвидации скважины. Поэтому необходимо своевременное проведение мероприятий по предупреждению поглощений на основе их прогнозирования по про-

мысловым данным с ранее пробуренных скважин. Предлагаемые методы прогнозирования поглощений буровых растворов полностью применимы к остальным видам осложнений при строительстве скважин.

Для оценки пространственного расположения скважин и отслеживания тенденций распространения поглощений авторами разработано программное построение карт интенсивностей поглощений. В качестве исходных данных при построении карты выступают следующие данные, объединенные в базу данных, разработанную авторами: 1) название скважины; 2) месторождение, к которому относится скважина; 3) условные координаты скважины; 4) сведения о наличии и интенсивности поглощений; 5) глубина залегания и стратиграфическое подразделение, к которому относится поглощающий пласт. База данных имеет реляционную структуру, удобную для использования на практике [4]. На основе базы данных производится построение карты интенсивностей для каждого объекта поглощения на данном месторождении, которая представляет собой совокупность маркеров, нанесенных на плоскость согласно условным координатам скважин и соответствующих максимальной интенсивности поглощения в данной скважине (рис. 1). При этом все скважины делятся на 4 класса: без поглощений, с поглощениями небольшой интенсивности – до 40 м3/час, с поглощениями средней интенсивности – от 40 до 80 м3/час, с катастрофическими поглощениями – более 80 м3/час).

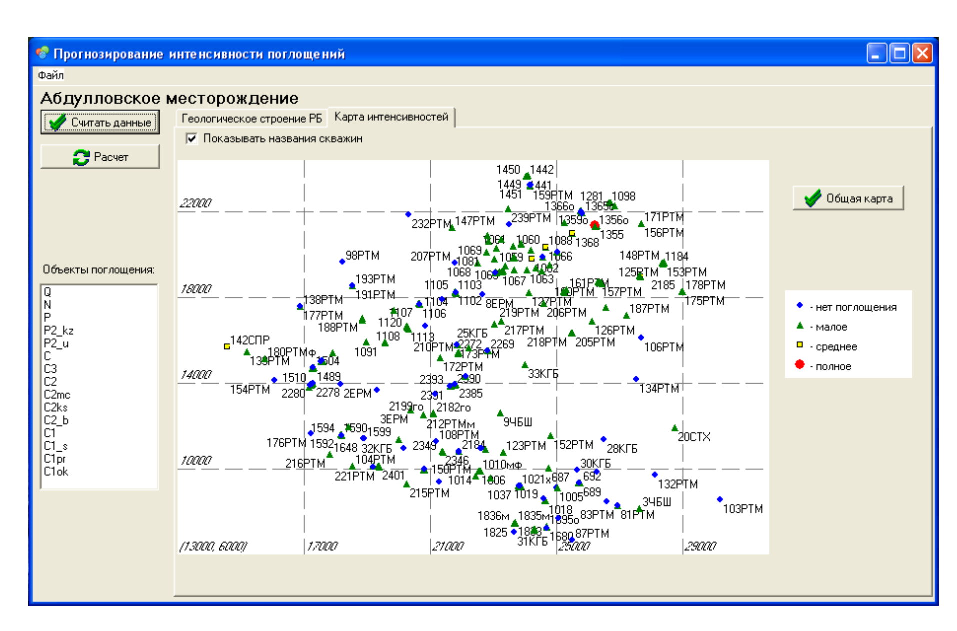


Рисунок 1 – Карта интенсивностей поглощений бурового раствора

Проектирование и реализация искусственной нейронной сети

Задача прогнозирования осложнений для каждого объекта сводится к решению задачи идентификации системы с несколькими входами и выходами на основе множества маркированных примеров $T^j=\{(x_i^j, d_i^j)\}$, $i=1,\ldots,N$, $j=1,\ldots,M$, где j – номер объекта, $x_i^j=(x_{i1}^j, x_{i2}^j)$ – координаты i-й скважины в этом объекте, а d_i^j – максимальная интенсивность поглощения в нем. Поэтому для решения этой задачи реализовано обучение с учителем, где x_i^j играет роль входного вектора, а d_i^j – желаемого отклика [5]. Вычислительный эксперимент показал, что эффективным для решения поставленной задачи является использование трехслойного персептрона. Процедура работы персептрона состоит из предобработки данных и цикла обучения (рис. 2) [6].

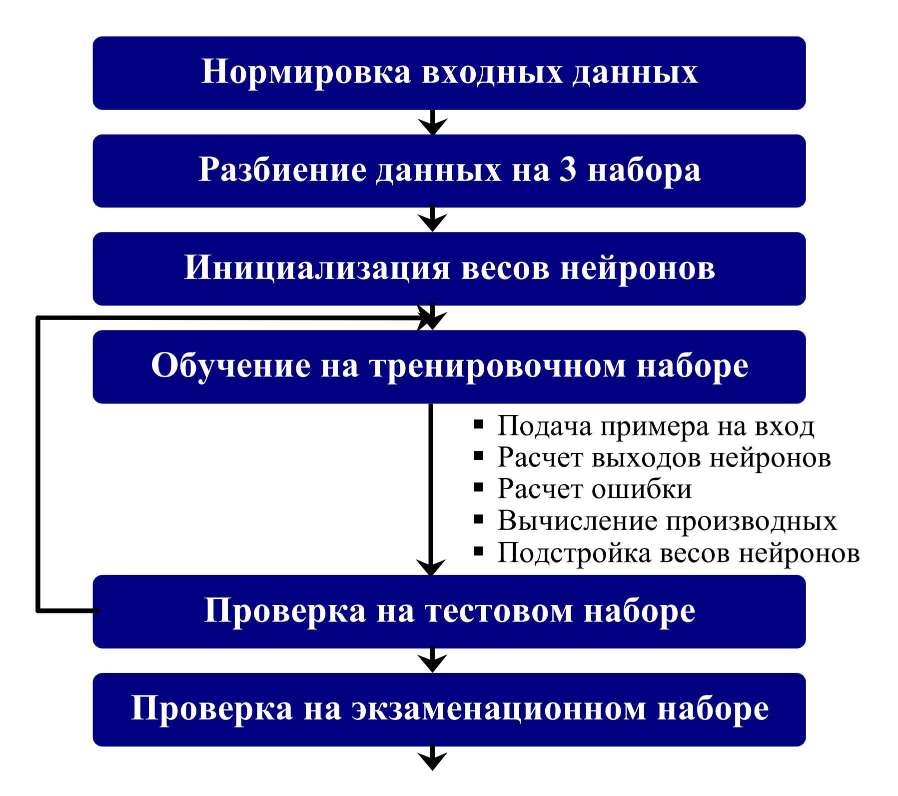


Рисунок 2 – Обучение персептрона

Количество нейронов входного слоя соответствует числу координат скважины, выходного – один (класс интенсивности), скрытого слоя – выбирается на основе вычислительного эксперимента.

Построение прогноза интенсивности поглощений

На основе полученных значений весов нейронной сети производится отнесение каждой точки карты к одному из введенных классов, т.н. «кластеризация» карты интенсивностей поглощений для каждого разбуриваемого объекта (рис. 3).

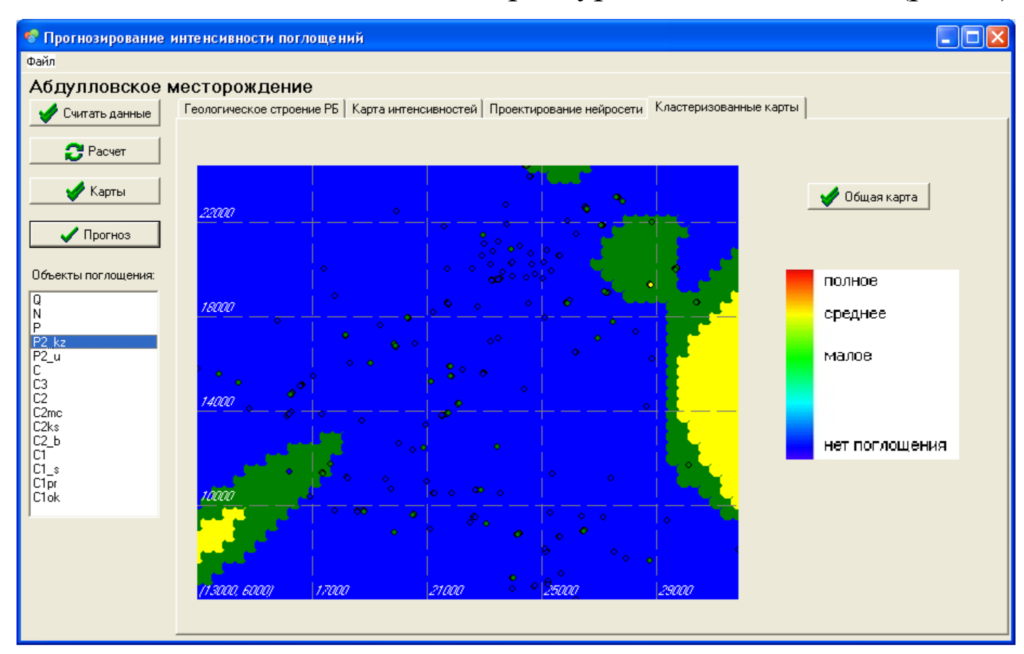


Рисунок 3 – Кластеризованная карта отдельного объекта поглощения

Далее, при вводе координат новой скважины рассчитывается прогнозируемый класс интенсивности по всем объектам, разбуриваемым данной скважиной (рис. 4).

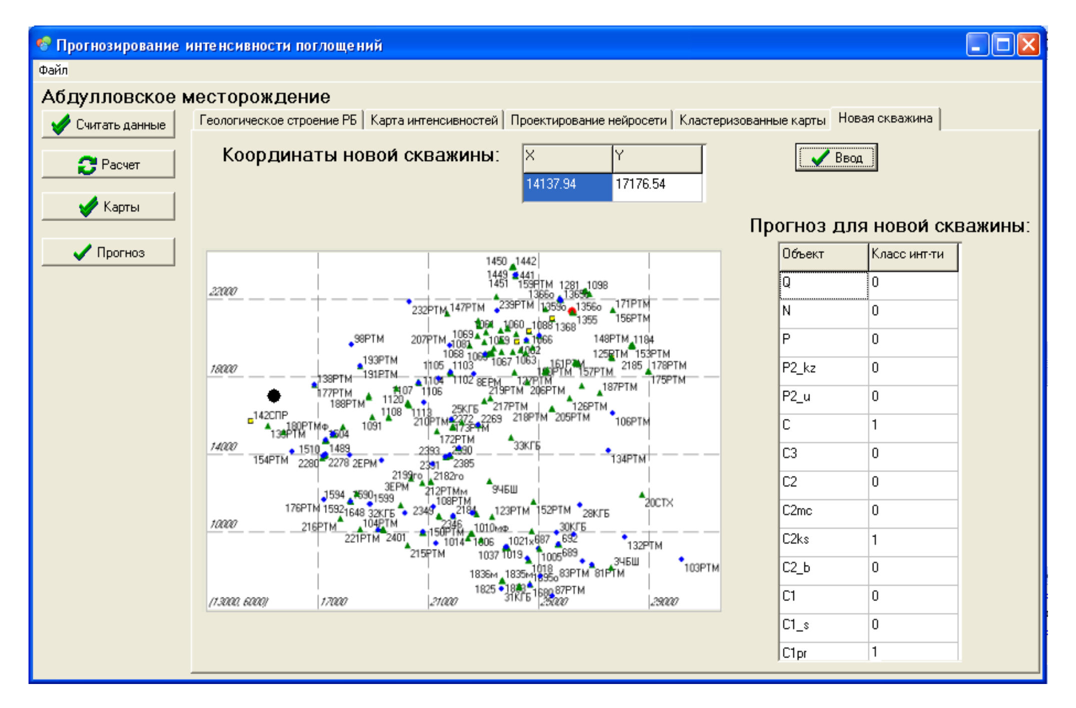


Рисунок 4 – Прогноз для новой скважины

Таким образом, на основе проектирования карты интенсивностей поглощений в пробуренных скважинах на месторождениях РБ с использованием искусственной нейронной сети производится отслеживание тенденции распространения поглощений в каждом объекте, на основе чего составляется вероятностный прогноз возникновения поглощений при бурении новых скважин. Опираясь на данный прогноз, производится выдача рекомендаций по типу и свойствам бурового раствора и параметрам технологических операций при бурении.

Модель распараллеливания при организации вычислительного процесса

Большие объемы входных данных и итеративная природа алгоритма обучения нейросети порождают необходимость использования высокопроизводительных вычислительных систем для получения прогноза достаточной точности за разумное время. Предложена трехуровневая модель распараллеливания вычислительного процесса, включающая распараллеливание по экспериментальным данным (независимое рассмотрение разных типов осложнений для каждого месторождения), выявление и использование внутреннего параллелизма задачи (поскольку объекты, проходимые каждой скважиной месторождения, слагаются из горных пород с различными физико-механическими свойствами, их можно рассматривать независимо друг от друга) и декомпозицию метода решения задачи, т.е. алгоритма обучения нейросети и классификации всех точек области [7]. Программа, реализующая эту модель, тестирована на вычислительном кластере Башкирского государственного университета (16-процессорных ядер AMD Opteron, пиковая производительность 144 GFlops, объем оперативной памяти 20 Gb, объем дискового пространства 4,2 Tb). Распараллеливание вычислительного процесса для рассматриваемой многопроцессорной системы осуществляется посредством передачи сообщений при помощи стандарта MPI. Работа с базой данных основана на стратегии «master-slave». Анализ полученных результатов показал, что параллельная программа работает достаточно эффективно при использовании всех процессорных ядер кластера ($E_{16} = 0,72$).

Выводы

Разработанный программный комплекс протестирован на данных нескольких месторождений ОАО АНК «Башнефть». Расчет проводился для уже пробуренных скважин с целью сравнения фактических показателей с рассчитанными. Анализ полученных результатов показал, что прогнозируемый класс поглощения более чем в 80% случаев совпадает с реальной интенсивностью поглощения в скважине [8]. Погрешность прогноза обусловлена влиянием на возникновение осложнений таких «шумов», как различия в технологических параметрах буровых растворов, скоростях спуско-подъемных операций и т.п., и компенсируется оперативностью получения прогноза (минимумом входных данных).

В настоящее время при составлении проектов на строительство новых скважин в ООО «БашНИПИнефть» тип и состав буровых растворов подбирается с учетом прогноза возможных поглощений. Далее планируется реализовать разработанную методику для остальных видов осложнений (флюидопроявления, осыпи и обвалы стенок скважины, прихваты и провалы бурильного инструмента). Полученные рекомендации позволят сократить время на ликвидацию осложнений в условиях буровой и сэкономить дорогостоящие химические реагенты, что, в свою очередь, приведет к повышению технико-экономических показателей бурения.

Литература

1. Степанов Н.В. Моделирование и прогноз осложнений при бурении скважин / Степанов Н.В. – М. : Недра, 1989. – 256 с.
2. Мыслюк М.А. К составлению прогнозов градиентов давлений возникновения поглощений / М.А. Мыслюк, В.Г. Ясов // Нефтяное хозяйство. – 1985. – № 5. – С. 39-42.
3. Геологическое строение и разработка нефтяных и газовых месторождений Башкортостана / [Баймухаметов К.С., Викторов П.Ф., Гайнуллин К.Х., Сыртланов А.Ш.]. – Уфа : РИЦ АНК «Башнефть», 1997. – 424 с.
4. Кабирова А.Р. Информационные технологии безаварийного бурения нефтяных и газовых скважин / А.Р. Кабирова, Л.Ф. Нурисламова, Ю.Б. Линд // В мире научных открытий. (Серия «Математика. Механика. Информатика»). – № 1. – 2011. — С. 107-109.
5. Хайкин С. Нейронный сети: полный курс / Хайкин С. ; пер. с англ. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
6. Боресков А.В. Основы работы с технологией CUDA / А.В. Боресков, А.А. Харламов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 232 с.
7. Линд Ю.Б. Методология параллельных вычислений для решения задач химической кинетики и буровой технологии / Ю.Б. Линд, И.М. Губайдуллин, Р.А. Мулюков // Системы управления и информационные технологии. – 2009. – № 2(36). – С. 44-50.
8. Прогнозирование поглощений буровых растворов при строительстве нефтегазовых скважин / А.Р. Кабирова, Л.Ф. Нурисламова, И.М. Губайдуллин [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 32-34.

Literatura

1. Stepanov N.V. Modelirovanie i prognoz oslozhnenii pri burenii skvazhin. M.: Nedra. 1989. 256 s.
2. Myslyuk M.A., Yasov V.G. Neftyanoe khozyaistvo. 1985. №5. S. 39-42.
3. Baimukhametov K.S., Viktorov P.F., Gainullin K.H., Syrtlanov A.S. Geologicheskoe stroenie i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenii Bashkortostana. Ufa: RITS ANK “Bashneft”. 1997. 424 s.
4. Kabirova A.R., Nurislamova L.F., Lind Yu.B. V mire nauchnyh otkrytii. 2011. №1. S. 107-109.
5. Haikin S. Neironnye seti: polnyi kurs. M.: Vilyams. 2006. 1104 s.
6. Boreskov A.V., Harlamov A.A. Osnovy raboty s tehnologiei CUDA. M.: DMK Press. 2011. 232 s.
7. Lind Yu.B., Gubaidullin I.M., Mulyukov R.A. Sistemy upravleniya i informatsionnye tehnologii. 2009. №2(36). S. 44-50.
8. A.R. Kabirova, L.F. Nurislamova, I.M. Gubaidullin, Yu.B.Lind, R.A. Mulyukov, N.Yu. Kuznetsova. Neftyanoe khozyaistvo. 2011. №2. S. 32-34.

RESUME

Yu.B. Lind, A.R. Kabirova

Application of Modern Information Technologies to Prediction of Troubles during Oil and Gas Wells Drilling

In the article, methods for prediction of troubles in drilling of oil and gas wells are proposed. Prediction of troubles in drilling process is an important and relevant problem, since their before-the-fact prevention represents one of the most significant conditions of effective accident-free drilling.

The object of investigation is construction of forecast on the base of minimal information on earlier drilled wells, namely, their spatial coordinates and intensities of troubles. For this purpose it is proposed to use artificial neural networks which make it possible to predict situations with unknown dependencies between in and out parameters.

Algorithm of troubles prediction has been realized for the main type of troubles – drilling fluid loss, and includes the following stages:

– construction of intensity maps on the grounds of database on all drilled objects;

– designing and realization of an artificial neural network in order to find dependence between spatial location of wells and their intensity of fluid loss;

– clustering of oilfield map in accordance with loss intensity values;

– forecast construction for all objects of a new well.

Software realizing this algorithm with the use of parallel computations has been developed. It has been tested for several oilfields of Bashneft Company, the predicted class agreeing with actual data in more than 80% of cases. Issued recommendations allow reducing time on their elimination and saving expensive chemical reagents, and this in its turn leads to rise of technical and economic indices of drilling.

Статья поступила в редакции 08.06.2012.